

Kyösti Laukkanen

Kermieristyskoerakenteiden kunto 2005

Sukuran ja Karhunkankaan sillat

Tiehallinnon selvityksiä 1/2006



Kyösti Laukkanen

Kermieristyskoerakenteiden kunto 2005

Sukuran ja Karhunkankaan sillat

Tiehallinnon selvityksiä 1/2006

Tiehallinto

Helsinki 2006

Kannen kuva: VTT

ISBN 951-803-326-9
ISSN 1457-9871
TIEH 3200975

Verkkajulkaisu (<http://tiehallinto.fi/julkaisut>)pdf
ISBN 951-803-327-7
ISSN 1459-1553
TIEH 3200975-v

Edita Prima Oy

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011



Tiehallinto
Tekniset palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 2211

Kyösti Laukkanen: Kermieristyskoerakenteiden kunto 2005. Sukuran ja Karhunkankaan sillat. Helsinki 2006. Tiehallinto, Tekniset palvelut. Tiehallinnon selvityksiä1/2006. 22 s. + liitt. 14 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-326-9, TIEH 3200975.

Asiasanat: silta, vedeneristys, kumibitumi, kermi, koerakenne, kunto, vaurio, vuoto, kestävyys, käyttöikä

TIIVISTELMÄ

Tutkimus sisältää tulokset kahdelle Tiehallinnon sillalle (Sukuran silta, Heinolassa ja Karhunkankaan silta Kotkassa) v. 1992 tehtyjen 19 erilaisen kermieristyskoerakenteen toimivuudesta ja kunnosta, kun eristysten ikä oli 12-13 vuotta.

Eristysrakennekoealueiden rakennusajankohtana v. 1992 sääolosuhteet vaikeuttivat eristystyötä ja koealueilta mitatut eristysten tartuntalujuudet eivät täyttäneet vaatimuksia ja eristysalustan kosteusvaatimukset täyttyivät vain osittain. Aluskermien kiinnitys hitsaamalla oli tartuntalujuuskoetulosten perusteella huomattavasti epävarmempi lopputulokseltaan kuin liimaamalla kiinnittäminen.

Kuntotutkimusten suoritusajankohtana v. 2004 – 05 eristysten ikä oli noin 12-13 vuotta. Niiden kunto oli erittäin hyvä rakentamisaikainen laatu ja olosuhteet huomioon ottaen. Eristyksen läpi siltakanteen ei ollut päässyt liukkaudentorjuntasuoloja eivätkä kermiä olleet muutoinkaan vahingoittuneet. Tutkimuksen perusteella nykyaikaisten kumibitumikermieristysrakenteiden käyttöikä on pitempi kuin tutkittujen eristysten ikä (12-13 v) oli tutkimusajankohtana. Koska yhdelläkään koerakenteella ei todettu kloridien päässeensä eristuksen läpi, tutkimus ei antanut suoraa vastausta tämän tyyppisten eristysten lopulta toteutuvaan käyttöikään, jonka arvioidaan olevan huomattavasti pitempi. Tiehallinto on aiemmin arvioinut, että kumibitumikermieristysrakenteen käyttöikä on noin 40 vuotta.

Tutkitut koerakenteet oli rakennettu vuonna 1992 voimassa olleiden laatuvaatimusten mukaan. Sen jälkeen on kermieristysrakenteita ja niiden toimivuutta, materiaaleja sekä työtekniikkaa tutkittu ja kehitetty huomattavasti. Kermien kuplimisen syiden selvitystutkimuksen tulosten perusteella oli mahdollista antaa rakentamisasiakirjoissa ohjeet kuplimisriskien vähentämiseksi. SYL-asiakirjoihin tehtyjä kermieristysten toimivuutta parantavia ja käyttöikää pidentäviä muutoksia ovat mm. eristysalustan epoksitiivistyksen käyttöönotto, eristysalustalle asetettu karkeusvaatimus ja sääsuojahallin käyttö epäedullisissa sääolosuhteissa.

Kyösti Laukkanen: Tillståndet hos provsystemen med isoleringsmattor på brodäck 2005. Broarna i Sukura och Karhunkangas. Helsingfors 2006. Vägförvaltningen. Vägförvaltningens utredningar 1/2006. 22 s. + bilagor 14 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-326-9, TIEH 3200975.

Nyckelord: bro, isolering, polymerbitumen, matta, provsystem, tillstånd, skada, läcka, hållbarhet, livslängd

SAMMANFATTNING

Undersökningsresultaten beskriver funktionen och tillståndet hos 19 olika provsystem med isoleringsmatta som år 1992 byggdes på två av Vägförvaltningens broar (Sukura bro i Heinola och Karhunkangas bro i Kotka). Isoleringarnas ålder vid undersökningstidpunkten var 12-13 år.

När provområdet för isoleringssystemen byggdes år 1992 försvårades isoleringsarbetet av ogynnsamt väder. Den uppmätta vidhäftningshållfastheten fyllde inte kraven och kraven på isoleringsunderlagets fuktighet uppfylldes endast delvis. Undermattans fixering med svetsning gav ett betydligt osäkrare slutresultat än fixering med limning enligt resultaten av vidhäftningsprovningsen.

Undersökningarna av tillståndet utfördes åren 2004–2005 då åldern på isoleringen var cirka 12–13 år. Isoleringarnas skick var mycket bra med beaktande av kvaliteten och förhållandena vid tiden för byggandet. Inga halkbekämpningssalter hade trängt igenom isoleringen till brodäcket. Isoleringsmattorna var inte heller i övrigt skadade. Undersökningen visar att livslängden hos moderna isoleringsmattor av polymermodifierat bitumen är längre än de undersökta isoleringarnas ålder (12–13 år) vid undersökningstidpunkten. Undersökningen ger inget direkt svar på den slutliga livslängden hos isoleringar av denna typ eftersom kloriderna enligt undersökningen inte hade trängt igen provsystemen i något fall. Bedömningen är att livslängden är betydligt längre. Vägverket har tidigare uppskattat livslängden för isoleringssystem med polymermodifierade bitumenmattor till cirka 40 år.

De undersökta provsystemen byggdes enligt gällande kvalitetskrav år 1992. Sedan dess har systemen med isoleringsmattor och funktionen hos dessa liksom materialen och arbetsmetoderna undersökts och utvecklats i betydande utsträckning. Anvisningar om åtgärder för förebyggande av risker för blåsbildning har kunnat lämnas i de tekniska beskrivningarna enligt resultaten av utredningar om orsakerna till blåsbildning i isoleringsmattor. I ändringar i de allmänna kvalitetskraven för brobyggnad i syfte att förbättra isoleringsmattornas funktion och livslängd ingår bland annat införande av epoxitättning av underlaget, krav på underlagets grovlek och användning av skyddshall vid ogynnsamma väderförhållanden.

Kyösti Laukkanen: Condition study on bridge deck trial waterproofing systems of polymer-modified bitumen sheet membranes. Helsinki 2006. Finnish Road Administration. Finnra Reports 1/2006. 22 p. + app. 14 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-326-9, TIEH 3200975.

Keywords: Bridge, waterproofing, trial system, sheet membrane, condition, damage, leak, durability, service life

SUMMARY

This report includes performance and condition results for 19 different sheet membrane waterproofing trial systems applied on two bridges belonging to the Finnish National Road Administration (FINNRA) (the Sukura bridge in Heinola and the Karhunkangas bridge in Kotka). The age of the waterproofing systems was 12-13 years.

The weather conditions during the application time of the waterproofing in 1992 made the work difficult and the adhesion of the waterproofing to the deck measured in trial areas did not meet the set requirements. The moisture requirements of the waterproofing base met the requirements only partially.

Based on the adhesion test result, the quality of the torch-on method in the application of the base sheet was remarkably weaker than the pour and roll method.

During the completion of the condition study in 2004-05 the age of the waterproofing was about 12-13 years. The condition was very good taking into consideration the results and circumstances during the construction period. No chloride or de-icing agents got through the waterproofing to the bridge deck and the sheets were not damaged in any other way. Based on the study the service life of polymer-modified sheet membrane systems is longer than the age of the waterproofing (12-13 years) at the date of the condition study. Because it was not found out if chlorides had gone through the waterproofing of any one of the trial systems, the study did not produce a conclusive answer as to what would be the real service life of this type of waterproofing. It has been estimated to be substantially longer. FINNRA has previously estimated that the service life of the polymer-modified sheet membrane system is about 40 years.

The waterproofing systems in the study were constructed in accordance with requirements valid in 1992. After that time sheet membrane systems and their performance, materials and technique have been studied and developed substantially. Based on a study concerning the causal connections for the formation of blistering on bridge deck sheet membrane waterproofing, it was possible to give guidelines in construction documents on how to reduce the risk of blistering. Changes to specifications which have improved the performance and service life of sheet membrane systems include, among other things, epoxy sealing and texture requirements for the base of the waterproofing and the use of weather guard hall in bad weather conditions.

ESIPUHE

Tämä tutkimus liittyy Tiehallinnon siltatekniikan VTT:ltä tilaamaan siltakan-
sien pintarakenteita koskevaan tutkimussarjaan. Tutkimuksen tulokset
hyödynnetään Tiehallinnon sillanrakennuksen yleisten laatuvaatimusasia-
kirjojen ja siltojen korjausohjeiden laadintatyössä.

Tutkimusta on valvonut Tiehallinnon siltatekniikassa dipl.ins. Jouko Lämsä.
Tutkimusraportin on laatinut VTT:ssa dipl. ins. Kyösti Laukkanen.

Helsingissä, tammikuussa 2006

Tiehallinto

Tekniset palvelut

Sisältö

TIIVISTELMÄ	3
SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
1 JOHDANTO	11
1.1 Tutkimuksen tausta	11
1.2 Tavoite	11
2 TUTKIMUKSEN SISÄLTÖ	12
2.1 Aineisto ja menetelmät	12
2.1.1 Tutkimussillat	12
2.1.2 Koealueiden suunnitteluperusteet	12
2.1.3 Koealueet ja eristysmateriaalit	13
2.1.4 Rakennusaikainen laatu	14
2.1.5 Eristysten kunto	15
3 TULOKSET	17
3.1 Yleistä	17
3.2 Rakennusaikainen laatu	17
3.2.1 Eristysalustan kosteus	17
3.2.2 Aluskerman tartunta betoniin	17
3.2.3 Irti olevan kohdan paikallistaminen lämpökameralla	17
3.3 Eristysrakenteiden kunto v. 2004 - 05	18
3.3.1 Sukuran sillan eristysrakenteet	18
3.3.2 Karhunkankaan sillan eristysrakenteet	19
4 TULOSTEN TARKASTELU	21
5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	22
6 KIRJALLISUUSVIITTEET	23
7 LIITTEET	23

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimuksen avulla tuotetaan tietoa siltojen rakentamis- ja korjausasiakirjojen laatimista varten. Tutkimuksen taustalla olivat havainnot kesältä 1992, jolloin lukuisten siltojen kansien vedeneristyskermirakenteissa todettiin kuplimisongelmia sekä tartuntalujuusvaatimusten alituksia.

Säilyvyys- ja laatuongelmien aiheuttaja ei ollut tiedossa, koska samoihin aikoihin oli tehty muutoksia sekä kansibetoneihin että pintarakennemateriaaleihin. Kansibetonin koostumusta oli 1990-luvun alussa muutettu, uusien korkealujuusbetonien pinta oli tiiviimpi kuin entisten betonien ja myös betonien kuivumisnopeudessa oli eroja. Betonikannen jälkihoitoon ja ta-soitukseen käytettiin monenlaisia materiaaleja, jotka osaltaan saattoivat vaikuttaa tartuntaan.

Aluskermin kiinnityksessä oli hitsausmenetelmä yleistynyt koerakenteiden rakentamisaikana. Liimausbitumin edellytettiin koerakenteiden tuolloin voimassa olleen Sillanrakennuksen yleisen työselityksen (SYT 6) [1] mukaan olevan puhdasta kumibitumia aiemman seosbitumin sijasta. Eristysalustan esisivelyaineena käytettiin kumibitumiliuosta. Saksassa oli jo tuolloin alettu vaatia kermieristuksen alusta pohjustettavaksi 1- tai 2-kertaisella epoksikäsittelyllä. Epoksikäsittelyn tarkoituksena on tiivistää betonipinta, parantaa tartuntaa ja poistaa kermien kuplimisongelma.

Eristyksen vuotaminen altistaa siltakannen raudoituksen korroosiolle ja betonin pakkasvaurioille. Vuotoja voidaan todeta mm. eristyksen alla olevan betonin kloridipitoisuuden nousun perusteella, eristyksen tai sen osan (esim. tukikerroksen) vaurioista. Vuoto voi näkyä myös siltakannen alapinnasta kalkkihärmänä ja kalkkipuikkoina tai se saattaa olla todettavissa kannen alapinnasta kosteusmittarilla.

1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten siltojen kermieristysrakenteet kestävät käytännön olosuhteissa ja miten eristysalustan esikäsittelymenetelmä ja aluskermin kiinnitystapa vaikuttavat eristysrakenteen toimivuuteen.

2 TUTKIMUKSEN SISÄLTÖ

2.1 Aineisto ja menetelmät

2.1.1 Tutkimussillat

Eristyskoerakenteet rakennettiin vuonna 1992 kahdelle sillalle:

- H-2276 Sukuran risteysilta, mt 412, Heinola (moottoritien vt 5 ylittävä silta Heinolan pohjoisessa liittymässä)
- KaS-1059 Karhunkankaan risteysilta, vt 15, Kotka (moottoritien vt 7 ylittävä silta vt 15:n liittymässä).

Karhunkankaan sillan kannen betoni oli eristystyön alkaessa vuonna 1992 noin 3 kk ikäinen, betonin lujuusluokka oli K40 ja betonivalu oli jälkihoidettu Consave Curing 720 jälkihoitoaineella, joka on tyypiltään synteettinen vesi-liukoinen emulsio. Sukuran sillan kansibetoni oli eristystyön alkaessa noin 2 kk ikäistä ja betonin lujuusluokka oli K 35. Rakennusaikaisia tietoja koe-rakennesilloista on esitetty liitteessä 1.

Kuntotutkimusajankohdan mukaisia siltarekisteritietoja näistä silloista on esitetty liitteessä 2.

Karhunkankaan risteysilta kuuluu korkeimpaan talvihoitoluokkaan Is, jossa tie pidetään pääosin paljaana ja liukkaudentorjuntaan käytetään huomattavasti suolaa. Sukuran risteysilta kuuluu talvihoitoluokkaan Ib, jossa tie hoidetaan pääosin ilman suolaa. Suolaa käytetään Sukuran sillalla syksyisin mustan jään torjumiseksi.

2.1.2 Koealueiden suunnitteluperusteet

Koerakenteiden suunnittelussa oli lähtökohtana erityisesti kesällä 1992 aiempaa yleisemmiksi arvioidut kermien kuplimisongelmat ja keinojen etsiminen kuplimisen vähentämiseksi. Nykyään kermien kuplimisvaurioiden tiedetään aiheutuvan eristysten alle betoniin jääneistä, kosteuden aikaan saamista höyrynpaineista [5]. Virheet työn suorituksessa tai työn järjestyksessä voivat edistää kuplien syntymistä. Myös nykyisten tiiviiden ja korkean lujuuden omaavien siltabetonien ja muovipohjaisten tasoitteiden käytön on joissain yhteyksissä esitetty lisäävän kuplimisriskiä.

Eräänä mahdollisuutena kermien kuplimisongelman poistamiseksi kokeiltiin saksalaista menetelmää sillan betonikannen pinnan tiivistämiseksi epoksilla. Epoksin avulla pyritään tekemään betonin pintaan tiivis, luja kalvo, joka vähentää kermin alapintaan kohdistuvaa, kuplia nostattavaa höyrynpainetta.

Vaihtoehtona epoksille kokeiltiin rakenteita, joissa aluskermin alle syntyvä höyrynpaine pyritään johtamaan hallitusti pois. Tätä tarkoitusta palvelivat Mitex-paineentasausverkkokoealueet sekä K-TMS-paineentasauskermirakenne, joka kiinnitetään alustaan vain (100 mm x 100 mm) vinoneliöiden muotoisten hitsausbitumitäplien avulla, jolloin kiinnityskohtien väliin jää alustasta irti olevat 65 mm leveät tuuletuskaistat. Näin tehdyille alueille tu-

lee asentaa paineentasausputket, jotta höyrynpaine pääsee poistumaan kermien alta.

Lasikangastukikerroksen omaavan K-ML-aluskermin valintaperusteena oli sen muita alhaisempi venyvyys ja suurempi vetolujuus, mikä saattaisi vähentää kuplimisriskiä, koska jäykempään kermiin ei veny yhtä helposti kuplia.

Kumibitumiliuos on kalliimpaa kuin tavallinen bitumi ja sen imeytymisominaisuudet betonialustalla ovat erilaiset. Toisaalta betoniin imeytyneeltä liukselta ei vaadita kumibitumille ominaista joustavuutta. Tästä syystä kehitettiin myös tavallisesta bitumista valmistettua bitumiliuosta.

Liuottimien käyttöön odotettavissa olevien rajoitusten vuoksi ympäristöstä vällisenä vaihtoehtona oli kokeilussa mukana myös bitumiemulsipohjustus.

Useimmilla koealueilla kermien kiinnitystapana oli koerakenteiden tekoaikana yleistynyt hitsaus. Kokeilussa pyrittiin selvittämään myös, saavutaanko liimaamalla kiinnittämällä parempi tartunta.

Betonin kosteustilan mahdollista vaikutusta kuplimisongelmien lähtökohdista selvitettiin betonikannen kosteusmittauksin, joita tehtiin kahdelta eri syvyydeltä. Betonin jälkihoitoaineen on eräissä tapauksissa todettu heikentäneen kermien tartuntaa, jos sitä oli jäänyt eristysalustaan. Tästä syystä eristysalustasta otettiin betoninäytteet, joista tutkittiin viitteet mahdollisista jälkihoitoainejäämistä.

Koerakenteiden tekeminen ajoitettiin epäedulliseen, mutta silti yleisesti eristystöihin käytettyyn vuodenaikaan, jolloin syyssateet ja lähestyvän työkauden päättymisen aiheuttama kiire haittaavat eristystöiden suorittamista. Eristystyöntekijät tiesivät, että eristysten laatua tulisi tutkimaan. Eristystyön laadunvalvonta tapahtui urakoitsijan normaalitavan mukaisesti, jotta olisi saatu kuva normaalista työn laadusta, [2].

2.1.3 Koealueet ja eristysmateriaalit

Koesiltojen kannet jaettiin 5-6:een likimäärin yhtä pitkään vedeneristyskoerakennealueeseen ja osa näistä jaettiin vielä pituussuunnassa kahtia. Sukuran sillalle suunniteltiin 9 ja Karhunkankaan sillalle 10 erilaista koealuetta. Kaikki koerakenteet olivat kaksinkertaisia kumibitumikermieristysjä, joissa vaihdeltiin eristysalustan esikäsitteilytapaa ja aluskermin materiaalia. Pintakermi oli kaikilla koealueilla K-PS. Koealueet ja niiden eristysrakenteet on esitetty liitteissä 3 ja 4.

Tutkimussilloilla kokeillut betonialustan esikäsitteilyvaihtoehdot olivat:

- kumibitumiliuos KBL-100
- bitumiliuos
- bitumiemulsio
- epoksipohjustus (1-kertainen epoksikäsitteily)
- epoksitiivistys (2-kertainen epoksikäsitteily)
- kumibitumiliuos KBL-100 + paineentasausverkko Mitex.

Sukuran sillalla olivat betonialustan esikäsitteilymenetelmävaihtoehdot kumibitumiliuos, tavanomainen bitumiliuos, bitumiemulsio, epoksipohjustus sekä kumibitumiliuos + Mitex paineentasausverkko. Sukuran sillan aluskermit kiinnitettiin hitsaamalla Mitex-alueita lukuun ottamatta.

Karhunkankaan sillan eristysrakenteet erosivat Sukuran rakenteista pohjustusten osalta siten, että tavallista bitumiemulsiota ei käytetty, mutta epoksia kokeiltiin myös epoksitiivistysmenetelmällä. Karhunkankaan kokeilulle oli ominaista myös aluskermin molempien yleisten kiinnitystapojen keskinäinen vertailu.

Bitumiset tartunta-aineet olivat Lemminkäinen Oyj:n tuotteita paitsi koealueilla, joilla käytettiin Katepal Oy:n aluskermejä. Niillä käytettiin tartunta-aineena Katepalin kumibitumiliuosta KBL-100.

Eräillä koealueilla käytetty eristysalustan tiivistysepoksi oli 2-komponenttista epoksihartsia Ergoflex-Dur 500 S, joka on tarkoitettu käytettäväksi betonisen eristysalustan pohjusteena, tiivistysaineena ja pinnan kolojen täyteaineena.

Epoksipohjustuksen (1-kertaisen epoksikäsitteilyn) tarkoitus oli täyttää betonipinnan huokokset. Epoksi ($0,3-0,5 \text{ kg/m}^2$) levitetään maahantuojan käyttöohjeen mukaan kumilastalla ja tasoitetaan maalausrullalla siten, että vältetään paikallisten paksujen epoksikerrosten muodostuminen. Tuoreeseen epoksiin sirotellaan 2 kg/m^2 liekkikuivattua kvartsihiekkalajitetta $0,1-0,6 \text{ mm}$ varoen liian suurta sirotemäärää. Kovettumisen jälkeen ylimääräinen hiekka poistetaan.

Epoksitiivistys (2-kertainen epoksikäsitteily) muodostuu em. epoksipohjustuksesta ja toisen epoksikäsitteilyn muodostamasta tiiviistä epoksikalvosta. Ensimmäinen epoksikerros ($0,3-0,5 \text{ kg/m}^2$) levitetään kuten epoksipohjustus. Tuoreen pohjustusepoksin päälle sirotellaan maahantuojan käyttöohjeen mukaan $5-7 \text{ kg/m}^2$ liekkikuivattua kvartsihiekkalajitetta $0,2-0,9 \text{ mm}$. Ylimääräinen hiekka poistetaan heti, kun se on mahdollista. Toisella käsittelyllä epoksia levitetään noin $0,5-0,8 \text{ kg/m}^2$. Betonialustan huokoisuus vaikuttaa epoksitiivistyksen materiaalienektiin.

Kermit olivat Lemminkäinen Oyj:n tuotteita lukuun ottamatta kummankin sillan kahta koealuetta, joilla käytettiin aluskermeinä Katepalin paineentasauskermiä ja lasikuituvahvisteista kermiä. Kermien sideaine oli SBS-kumibitumi. Lasikuitutukikerros lisää K-ML-kermin vetolujuutta, mutta alentaa sen murtovenymää. Lasikuituvahvisteisen kermin venymän alenema (23°C :ssa) tavanomaiseen aluskermiin verrattuna on erittäin merkittävä. Kullakin koealueella käytetty pintakermi (K-PS) oli saman valmistajan tuote kuin ko. koealueen aluskermi, ks. liitteet 3 ja 4 [2].

2.1.4 Rakennusaikainen laatu

Eristystyötä aloitettaessa tutkimussiltojen kansibetonin kosteus mitattiin kanteen poratuista rei'istä porareikämenetelmällä. Eristystyön aikana mitattiin aluskermin tartunta siltakanteen tartuntavetolaitteella.

K-TMS-kermin tuuletusurien avoimuus sekä tartunta pisteliimatun K-MS:n kohdalla tarkastettiin veitsellä auki leikkaamalla ja leikatun kohdan kermikaistaa käsin repien.

Sukuran sillalla paikallistettiin lisäksi lämpökameralla aluskermin muita kohtia heikommin kiinni olevia alueita. Lämpökameran avulla todetut tartuntavirheet tarkastettiin auki leikkaamalla.

2.1.5 Eristysten kunto

Eristyksen kunnon arviointi

Jos tiellä käytetään liukkaudentorjuntaan suolaa, sillan vedeneristyksen rikkoontumisen merkinä pidetään suolan pääsyä eristyksen läpi siltakanteen. Vuodon toteamista varten otetaan betonikannesta ja eristyksestä näytteitä. Vuotokohtia pyritään paikallistamaan myös kannen alapinnassa näkyvien vuotojälkien perusteella. Jos kannen betoninäyte sisältää klorideja, eristys on rikki. Jos klorideja ei löydy, eristystä pidetään ehjänä.

Menetelmän toimivuus riippuu luonnollisesti sillan suolauskäytännöstä, koska suolaa voi päästä siltakanteen eniten kohteissa, joissa siltapäällystettä suolataan liukkauden torjumiseksi. Sillalle levitettävän suolan määrä riippuu tien talvihoitoluokasta ja jonkin verran suolaa voi kulkeutua risteys-silloille myös autojen tai ilmajvirtojen mukana risteävältä tieltä. Suolaustarve vaihtelee merkittävästi myös sillan sijainnin ja vuotuisten sääolosuhteiden mukaan.

Karhunkankaan silta kuuluu talvihoitoluokkaan Is, joten sen liukkaudentorjuntaan käytetään suolaa huomattavasti. Sukuran siltaa suolataan ainoastaan syksyisin mustan jään torjumiseksi (ks. kohta 2.1.1).

Näytteenotto

Ennen näytteenottoa kannen alapinta tarkastettiin silmämääräisesti pyrkien etsimään jälkiä mahdollisista eristyksen vuodoista. Kultakin koealueelta otettiin näytteet kahdesta kohdasta ajoradalta. Sukuran sillalla näytteitä otettiin kannen molemmilta reunoilta noin 30-40 cm reunaviivasta. Koska Karhunkankaan sillan kannella on yksipuolinen sivukaltevuus, otettiin siitä näytteet noin 30-40 cm etäisyydeltä läntisen ajoradan länsireunan reunaviivasta ja itäiseltä ajoradalta noin 100 cm etäisyydeltä keskikorokkeesta.

Eristysnäytteet otettiin poraamalla näytteenottoporalla (\varnothing_{sis} 160 - 185 mm) pintarakenteiden läpi siltakanteen, irrottamalla asfalttiporanäyte eristyksen yläpinnasta ja repimällä käsityövälinein kermi irti kannesta. Betoninäyte otettiin poraamalla näytteenottoporalla (\varnothing 70-80 mm) betoniin noin 60 - 70 mm syvyydelle ja kiilaamalla betonilieriö irti kannesta. Näytteenotosta on kuvia liitteessä 5.

Näytteenottokohdan paikkaus

Näytteenottokohdat paikattiin heti näytteenoton jälkeen. Betonikannen reikä paikattiin kuuman kumibitumin ja karkean murskeen seoksella, eristyksen kohta paikattiin kumibitumilla ja päällysteen reikä paikattiin liimaamalla siihen kumibitumilla asfalttilieriö.

Tukikerroksen kunto

Tukikerrokset erotettiin tutkittavista kermieristysnäytteistä uuttamalla. Sekä alus- että pintakermin tukikerrosten kunto arvioitiin niiden ulkonäön, neliömassan, palamisominaisuuksien ja lujuuden perusteella.

Kiinnitysbitumin pehmenemispiste

Tutkittava kiinnitysbitumi kaavittiin kermieristysnäytteiden alapinnoista. Pehmenemispiste tutkittiin menetelmällä SFS-EN 1427.

Kloridipitoisuus

Siltakannesta irrotetuista betoninäytteistä tutkittiin happoliukoisten kloridien pitoisuudet syvyydeltä 0...20 mm menetelmän SFS 5451 mukaisesti.

3 TULOKSET

3.1 Yleistä

Tutkimuksen tulokset perustuvat rakentamisajankohtana ja kahtena myöhempänä vuonna tehtyihin tutkimuksiin:

- rakennusaikaiset tutkimukset, v. 1993 laadittu tutkimusraportti [2],
- Sukuran sillan tulokset, v. 2004 laadittu tutkimusselostus [3],
- Karhunkankaan sillan tulokset, v. 2005 tehdyt tutkimukset.

3.2 Rakennusaikainen laatu

3.2.1 Eristysalustan kosteus

Karhunkankaan sillalla kansibetonin suhteellinen kosteus 50 mm syvissä poranrei'issä täytti rakentamisajankohdan mukaisen SYT:n [1] vaatimuksen ($\leq 90\%$), absoluuttisen kosteuden määrittelyn mukaan oli betoni liian kostea. Sukuran sillalla eristysalustalle asetetut kosteusvaatimukset eivät täyttyneet kannen betonin kosteuden ollessa kolmella mittauslinjalla keskimäärin 90,5 %, 92,0 % ja 93,5 %. Vuoden 2005 SYL:n mukaan [6] sallitaan korkeampi kosteus (enintään 93 %), jonka myös Sukuran sillan kosteusmittaukset pääosin täyttävät.

Palkin kohdalta 50 mm syvyydestä reiästä mitattu suhteellinen kosteus ei poikennut merkittävästi ohuen kansilaatan kohdalta mitatusta kosteudesta. 300 mm syvyydellä palkin betonin kosteus sen sijaan oli huomattavasti korkeampi.

3.2.2 Aluskermin tartunta betoniin

Rakennusaikaiset tartuntalujuustulokset on esitetty aiemmassa tutkimusraportissa [2]. Tartuntalujuudet eivät täyttäneet vaatimuksia millään koel alueella. Parhaat tartuntalujuudet saavutettiin liimaamalla kiinnitettyjen kermien koel alueilla. Aluskermin kiinnitys hitsaamalla johti samoissa lämpötilaolosuhteissa olennaisesti heikompaan tartuntaan kuin liimaamalla kiinnitys. Kun tartunta-aine KBL-100 korvattiin tavanomaisella bitumiliuoksella tai bitumiemulsiolla, aleni hitsaamalla kiinnitetyn aluskermin tartunta merkittävästi.

Epoksiivistyksellä pohjustetulle alustalle hitsaamalla kiinnitettäessä saavutettiin keskimäärin noin 20 % parempi aluskermin tartunta kuin kumibitumiliuoksella esikäsitellyllä alustalla.

3.2.3 Irti olevan kohdan paikallistaminen lämpökameralla

Lämpökameralla todettiin voitavan nopeasti paikallistaa irti olevat eristyskohdat eristystä rikkomatta. Ne erottuivat kameran avulla hieman kiinni

olevia kohtia lämpimämpinä, koska irti olevan kermin alla oleva ilma toimii lämmöneristykseenä. Epoksikäsitellyillä alueilla todettiin olevan vähemmän pintalämpötilaeroja kuin muilla. Tämä viittaa epoksikäsitteilyn johtavan homogeenisempaan tartuntaan.

Lämpökameran avulla paikallistettuja, kameran (kuvan perusteella) heikkommin tarttuneilta näyttäneitä aluskerrin kohtia leikattiin auki mattoveitsellä ja todettiin lähes aina kyseisen kermikohdan olleen irti alustasta.

Lämpökameraa ei tässä tutkimuksessa käytetty tartuntavetokokeiden kohdistamiseen heikosti tarttuneille kohdille, koska lukuisilta erilaisilta koealueilta haluttiin ensisijaisesti vertailukelpoiset tartuntalujuustulokset.

3.3 Eristysrakenteiden kunto v. 2004 - 05

Sukuran sillan koerakenteet olivat tutkimushetkellä 12 vuoden ikäisiä ja ne olivat olleet liikennerasituksen alaisina 10 vuoden ajan (v. 2004). Vastaava Karhunkankaan sillan koerakenteiden ikä oli vastaavasti 13 vuotta, josta liikenteellä 11 vuotta (v. 2005).

3.3.1 Sukuran sillan eristysrakenteet

Silmämääräiset havainnot

Sukuran sillan betonikannen alapinnassa ei todettu halkeamia tai eristykseen vuodon merkkejä. Sillan asfalttipäällysteessä ei todettu halkeamia. Kermieristysnäytteet olivat silmämääräisen tarkastelun perusteella hyväkuntoisia.

Koealueen 1 (KBL+K-MS hits) ja koealueen 2a (BL+K-MS hits) hitsausbitumikerroksessa todettiin pieniä kuplia. Koealueen 5 toisessa näytteenottokohdassa epoksitiivistys irtosi betonista kermin mukana. Kerminäytteistä on valokuvia liitteessä 6.

Kloridipitoisuus

Sukuran sillan kansibetoninäytteiden kloridipitoisuustutkimustulokset on esitetty taulukossa 1. Kansibetoninäytteissä ei ollut merkittävästi klorideja. Yhden näytteen kloridipitoisuus oli 0,02 % (koealue 1, Helsingin puoleinen reuna). Muiden näytteiden kloridipitoisuus oli 0,01 %, mikä ei vielä osoita eristykseen vuotaneen.

Betonin kriittisenä kloridipitoisuutena voidaan pitää SILKO-ohjeen (n:o 1.201) mukaan 0,07 % Cl⁻ happoliukoisena raudoituksen syvyydessä. Vähäiset kloridipitoisuudet (0,01...0,02 %) eivät ole vielä lähellä em. vaatimusrajaa.

Tukikerroksen kunto

Alus- ja pintakermin tukikerrosten kunto tutkittiin viideltä eri koealueelta otetuista näytteistä, joilla oli aluskermeinä joko hitsattu tai liimattu K-MS, hitsattu K-TMS tai hitsattu K-ML. Kaikki tutkitut tukikerrokset olivat hyväkuntoisia.

Kiinnitysbitumi

Kiinnitysbitumin pehmenemispiste tutkittiin kahdesta näytteestä. Koealueen 3 hitsausbituminäytteen pehmenemispiste oli 118,0 °C ja koealueella 6 oli vastaava arvo 106,5 °C.

Taulukko 1. Sukuran sillan koealueiden kansibetonin kloridipitoisuus (syvyys 0...20 mm), kermien tukikerroksen kunto ja kiinnitysbitumin pehmenemispiste.

Koe- alue	Näyte	Sillan reuna	Kannen kloridipit. Cl-%	Tukikerr. kunto	Bitumin pehm.piste °C	Pohjustus	Aluskermi	Aluskerrin valmist.
1	11	Lusi	0,01	hyvä		KBL	K-MS hits	Lemmin- käinen Oyj
	12	Hki	0,02					
2a	2a 1	Lusi	0,01			BL	K-MS hits	- " -
	2a 2	Lusi	0,01					
2b	2b 1	Hki	0,01			BE	K-MS hits	- " -
	2b 2	Hki	0,01					
3	31	Lusi	0,01		118,0	epoksipohj.	K-MS hits	- " -
	32	Hki	0,01					
4	41	Lusi	0,01	hyvä		KBL	K-TMS hits	Katepal Oy
	42	Hki	0,01					
5	51	Lusi	0,01	hyvä		epoksipohj.	K-ML hits	- " -
	52	Hki	0,01					
6	61	Lusi	0,01		106,5	KBL	K-ML hits	- " -
	62	Hki	0,01					
7a	7a 1	Lusi	0,01	hyvä		KBL	K-MS kauttaaltaan liim. alla Mitex-verkko	Lemmin- käinen Oyj
	7a 2	Lusi	0,01					
7b	7b 1	Hki	0,01	hyvä		KBL	K-MS pisteliim. alla Mitex-verkko	- " -
	7b 2	Hki	0,01					

3.3.2 Karhunkankaan sillan eristysrakenteet

Silmämääräiset havainnot

Karhunkankaan sillan kannen alapinnassa todettiin koealueella 4 kannen alapinnassa merkkejä kalkkipitoisen veden valumisesta kannen läpi, kuva 1. Sillan kannella on yksipuolinen sivukaltevuus ja valumajälkien kohdalla kansi viettää sillan reunalta keskelle. Koealueella on paineentasauskermirakenne. Sillan asfalttipäällysteessä ei todettu halkeamia. Asfalttipäällystettä oli paikattu urapaikkauksella sillan molemmissa päissä kohdissa, joissa liikenne siirtyy liikuntasauaman jälkeen siltakannelle. Kermieristysnäytteet olivat silmämääräisen tarkastelun perusteella hyväkuntoisia. Karhunkankaan sillan kermieristysnäytteistä on valokuvia liitteessä 7.



Kuva 1. Mahdollisen vuodon merkkejä Karhunkankaan sillan kannen alapinnassa (K-TMS-koealueen 4 reuna).

Kloridipitoisuus

Karhunkankaan sillan kansibetoninäytteiden kloridipitoisuustutkimustulokset on esitetty taulukossa 2. Kansibetoninäytteissä ei ollut klorideja.

Tukikerroksen kunto

Alus- ja pintakermin tukikerrosten kunto tutkittiin viideltä eri koealueelta otetuista näytteistä, joilla oli aluskermeinä joko hitsattu tai liimattu K-MS tai hitsattu K-TMS tai hitsattu K-ML. Kaikki tutkitut tukikerrokset olivat hyväkuntoisia.

Kiinnitysbitumi

Kiinnitysbitumin pehmenemispiste tutkittiin kahdesta näytteestä. Koealueen 6 hitsausbituminäytteen pehmenemispiste oli 115,0°C ja koealueella 9 oli vastaava arvo 107,5°C.

Taulukko 2. Karhunkankaan sillan koealueiden kansibetonin kloridipitoisuus (syvyys 0...20 mm), kermien tukikerroksen kunto ja kiinnitysbitumin pehmenemispiste.

Koe-alue	Sijainti (ajorata)	Näyte	Kanen kloridipit Cl ⁻ %	Tukikerr. kunto	Bitumin pehm.piste °C	Pohjustus	Aluskermi	Kermin valm.
1	Haminan puoleinen	1A	< 0,01	hyvä		KBL	K-MS liim	Lemminkäinen
		1B	< 0,01					
6	H:gin puoleinen	6A	< 0,01		115,0	KBL	K-MS hits	- " -
		6B	< 0,01					
2	Haminan puoleinen	2A	< 0,01	hyvä		BL	K-MS liim	- " -
		2B	< 0,01					
7	H:gin puoleinen	7A	< 0,01			BL	K-MS hits	- " -
		7B	< 0,01					
3	Haminan puoleinen	3A	< 0,01			epoksitiiv.	K-MS liim	- " -
		3B	< 0,01					
8	H:gin puoleinen	8A	< 0,01	hyvä		epoksitiiv.	K-MS hits	- " -
		8B	< 0,01					
4	Haminan puoleinen	4A	< 0,01	hyvä		KBL	K-TMS hits	Katepal
		4B	< 0,01					
9	H:gin puoleinen	9A	< 0,01			KBL	K-ML hits	Katepal
		9B	< 0,01		107,5			
5	Haminan puoleinen	5A	< 0,01			KBL	K-MS piste- ja saumaliim. alla Mitex-verkko	Lemminkäinen
		5B	< 0,01					
10	H:gin puoleinen	10A	< 0,01	hyvä		KBL	K-MS kauttaaltaan liim alla Mitex-verkko	- " -
		10B	< 0,01					

4 TULOSTEN TARKASTELU

Rakennusaikainen laatu

Eristysrakennekoealueet rakennettiin syksyllä ja sääolosuhteet vaikeuttivat eristystyötä. Kansibetoni oli eristysajankohtana noin 2-3 kk ikäistä. Millään koerakenteella ei päästy rakennusaikana voimassa ollen SYT:n mukaisiin tartuntalujuusvaatimuksiin. Tartunnan alitusten aiheuttajiksi arvioitiin rakennusaikana puutteita eristysolosuhteissa, eristysalustan käsittelyssä ja työn laadussa todettuja puutteita.

Aluskermien kiinnitys hitsaamalla oli tartuntalujuuskoetulosten perusteella huomattavasti epävarmempi lopputulokseltaan kuin liimaamalla kiinnittäminen. Tähän saattoivat vaikuttaa myös eristysajankohdan epäedulliset sääolosuhteet.

Molemmilla koerakennesilloilla eristysalusta käsiteltiin ennen eristystä vesipainepesulla, joka ei riitä irrottamaan pinnasta sementtiliimaa kuten hiekkapuhallus tai hiekkapainepesu. Eristysalustan enimmäiskosteusvaatimukset täytyivät vain osittain. Karhunkankaan sillalla saattoivat vesisateet heikentää tartuntakoetuloksia. Sadekuurot aiheuttivat ainakin taukoja eristystyöhön ja viileä sää hidasti epoksin kovettumista, [2].

Eristysten kunto 12-13 v iässä

Eristysten ikä oli kuntotutkimusten suoritusajankohtana v. 2004 - 05 noin 12-13 vuotta. Tällöin niiden kunto oli erittäin hyvä rakentamisaikaiset tulokset ja olosuhteet huomioon ottaen. Siltakanteen ei ollut päässyt klorideja eivätkä kermiä olleet muutoinkaan vahingoittuneet.

Tämän ajan kuluessa ei eristykseen ole syntynyt vielä merkittäviä vaurioita, vaan kaikki tutkitut eristysrakenteet olivat hyvässä kunnossa.

Karhunkankaan siltaa suolataan huomattavasti (talvihoitoluokka Is), mutta Sukuran siltaa suolataan vain mustan jään torjumiseksi (talvihoitoluokka Ib). Kloridipitoisuustutkimukset osoittavat siten suuremmalla varmuudella Karhunkankaan sillan eristyksen kunnan.

Eräiden koealueiden näytteissä havaitut pienet kaasukuplat eivät olleet aiheuttaneet eristysrakenteen vaurioita. Sukuran sillan yhdellä koealueella (n:o 3) kermiä irrotettaessa irtosi myös epoksikerros, mikä johtuu tämän koealueen yksinkertaisen epoksipohjustuskerroksen jo alun perin heikosta tartunnasta. Tämä oli todettavissa myös rakennusaikaisista tartuntalujuusmittauksista, koska tällöin kermin tartuntalujuuskokeen yhteydessä epoksi irtosi kermin mukana [2].

Tutkitut kiinnitysbituminäytteet täyttivät nykyisen SYL 6:n mukaisen, kumibitumille KB 100 asetetun pehmenemispistevaatimuksen (95,0-120,0 °C). Rakentamisaikaisessa SYT 6:ssa vaatimus oli ≥ 93 °C.

5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Koska yhdelläkään koealueella ei todettu liukkaudentorjuntasuolojen pääseen eristyksen läpi, tutkimus ei antanut suoraa vastausta kumibitumikermieristysten todelliseen käyttöikään tai tutkittujen kermieristysrakenteiden kestävyyseroihin. Voidaan kuitenkin todeta, niiden käyttöikä on ainakin merkittävästi pitempi kuin tutkittujen eristysrakenteiden ikä (12-13 v) oli tutkimusajankohtana. Tiehallinto on aiemmin arvioinut, että kumibitumikermieristysten käyttöikä on noin 40 vuotta [4].

Tutkitut koerakenteet oli rakennettu vuonna 1992 voimassa olleiden laatuvaatimusten mukaan. Sen jälkeen on kermieristysrakenteita ja niiden toimivuutta, materiaaleja sekä työtekniikkaa tutkittu ja kehitetty huomattavasti. Kermien kuplimisen syiden selvitystutkimuksen [5] tulosten perusteella oli mahdollista antaa rakentamisasiakirjoissa ohjeet kuplimisriskien vähentämiseksi. SYL 6-asiakirjaan tehty on useita muutoksia ja parannuksia, jotka olennaisesti edelleen varmentavat kermieristysten toimivuutta ja pidentävät niiden käyttöikää [6]. Tällaisia muutoksia ovat mm.:

- eristysalustan epoksitiivistyksen käyttöönotto,
- eristysalustalle asetettu karkeusvaatimus,
- sääsuojahallin käyttö epäedullisissa sääolosuhteissa.

6 KIRJALLISUUSVIITTEET

- [1] Sillanrakentamisen yleinen työselitys. Kannen pintarakenteet - SYT 6. Helsinki 1992, Tiehallitus, TIEL 2212216, 53 s.+ liitt. 6 s.
- [2] Laukkanen, K., Siltakansien eristysten koerakenne- ja vauriotutkimus. Espoo 1993, VTT Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio, tutkimusraportti 129, 56 s.+liitt. 18 s.
- [3] Sukuran sillan kermieristysrakenteiden kunto. Espoo 2004, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, tutkimusselostus nro RTE 4402/04.
- [4] Vesikari, E., Laukkanen, K., Sillan korjauksen optimiajankohdasta poikkeamisesta aiheutuvat lisäkustannukset. Espoo 2004, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, sisäinen raportti RTE40-IR-5/2004, 62 s.+liitt. 43 s.
- [5] Laukkanen, K., Paroll, H., Pitkänen, P., Vesikari, E., Siltojen kermieristysten kuplimisen estäminen. Loppuraportti. Helsinki 1998, Tielaitoksen selvityksiä 45/1998, 95 s.+liitt. 3 s.
- [6] Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Kannen pintarakenteet - SYL6. Helsinki 2005, Tiehallinto, TIEL 2200037-05, 41s.+liitt. 10 s.

7 LIITTEET

Rakennusaikaisia tietoja tutkimussilloista	Liite 1
Siltarekisteritietoja tutkimussilloista	Liite 2
Sukuran sillan eristyskoerakenteet	Liite 3
Karhunkankaan sillan eristyskoerakenteet	Liite 4
Näytteenotto koerakenteista	Liite 5
Sukuran sillan kerminäytteet	Liite 6
Karhunkankaan sillan kerminäytteet	Liite 7

RAKENNUSAIKAISIA TIETOJA TUTKIMUSSILLOISTA

		Sukuran risteysilta	Karhunkankaan risteysilta
		(ylittää moottoritien vt 5)	(ylittää moott.tien vt 7)
Sillan nimi		Sukuran rs	Karhunkankaan rs
Sillan nro		H-2276 (S20)	KaS-1059 (S17)
Betonointi pvm.		28.7.1992	28.7.1992
Jälkihoitoaine		Curing 101 (Semtu)	Consave Curing 720
Kansibetoni			
- lujuusluokka		K 35	K 40
- puristuslujuus K_{28}	MN/m ²	41-45	
- tiheys	kg/m ³	2290-2420	
- ilmavesisuhde			> 0,25
- pakkasenkest. luokka		P20	P20
Eristysalustan viimeistely		- paikoin tasoitus	- paikoin tasoitus
		- jyrsimellä	- jyrsimellä
		- vesipainepesu 180 kg/cm ²	- vesipainepesu
		- paikoin paikkaus Fescon juotosbetonilla	- paikoin paikkaus SILKO-betonilla
Tartunta-aineen levitys pvm.		7.-9.9.1992	7.-11.9.1992
Aluskerrin kiinnitys, pvm.		8.-15.9.1992	14.-18.9.1992
Tartuntamittaukset, pvm.		21.9.1992	25.-26.9.1992

SILTAREKISTERITIEDOTJA TUTKIMUSSILLOISTA

Tilanne 1.1. 2004

			Sukuran risteysilta	Karhunkankaan risteysilta
			(ylittää moottoritien vt 5)	(ylittää vt 7:n)
	Sillan nimi		Sukuran rs	Karhunkankaan rs
	Sillan nro		H-2276	KaS-1059
	Avattu liikenteelle		18.11.1993	3.11.1994
Sijainti	Tie n:o		mt 412	vt 15
	Tieosa/ etäis. to:n alusta		1/ 106 m	2/ 0 m
	Tiepiiri		Häme	Kaakkois-Suomi
	Kunta		Heinola	Kotka
Liikenne	KVL	ajon/vrk	2371	5767
	KVL rask	%	5	17
	Nopeusrajoitus	km/h	60	80
	Hoitoluokka		I b	I s
Sillan mitat	Siltatyyppi		Bjp	Jbup
	Jännepituudet	m	21,2+26,5+26,5+22,8	34+30
	Siltakannen pituus	m	97	66,3
	Sillan kokonaispituus	m	106	75,4
	Sillan poikkileikkaus	m	8,75+1,5+5,75	1,75+5,25+1,5+7,75+1,75
	piennar	m		1,75
	ajorata	m	8,75	5,25
	väliskaista	m	1,5	1,5
	ajorata	m	5,75	7,75
	piennar	m		1,75
	Sillan hyödyllinen leveys	m	16	18,1
	Sillan kok. pinta-ala	m ²	1696	1364
	Sillan kaarevuus		suora	kaareva
	Siltaan liitt. ajoradan lev.	m	10,5	8
	Siltaan liitt. tien koko lev.	m	13,5	9,5
Pintarakenne	Vedeneristys		Kumibitumikermi	Kumibitumikermi
	Suojakerros		Suoja-asfaltti	Suoja-asfaltti
	Päällyste		Asfalttibetoni	Asfalttibetoni
Lyhenteitä	Bjp = teräsbetoninen jatkuva palkkisilta			
	Jbup = jännitetty betoninen ulokepalkkisilta			

Siltojen talvihoitoluokat tiemestaripiirin mukaan:

Karhunkankaan risteysilta, talvihoitoluokka Is.

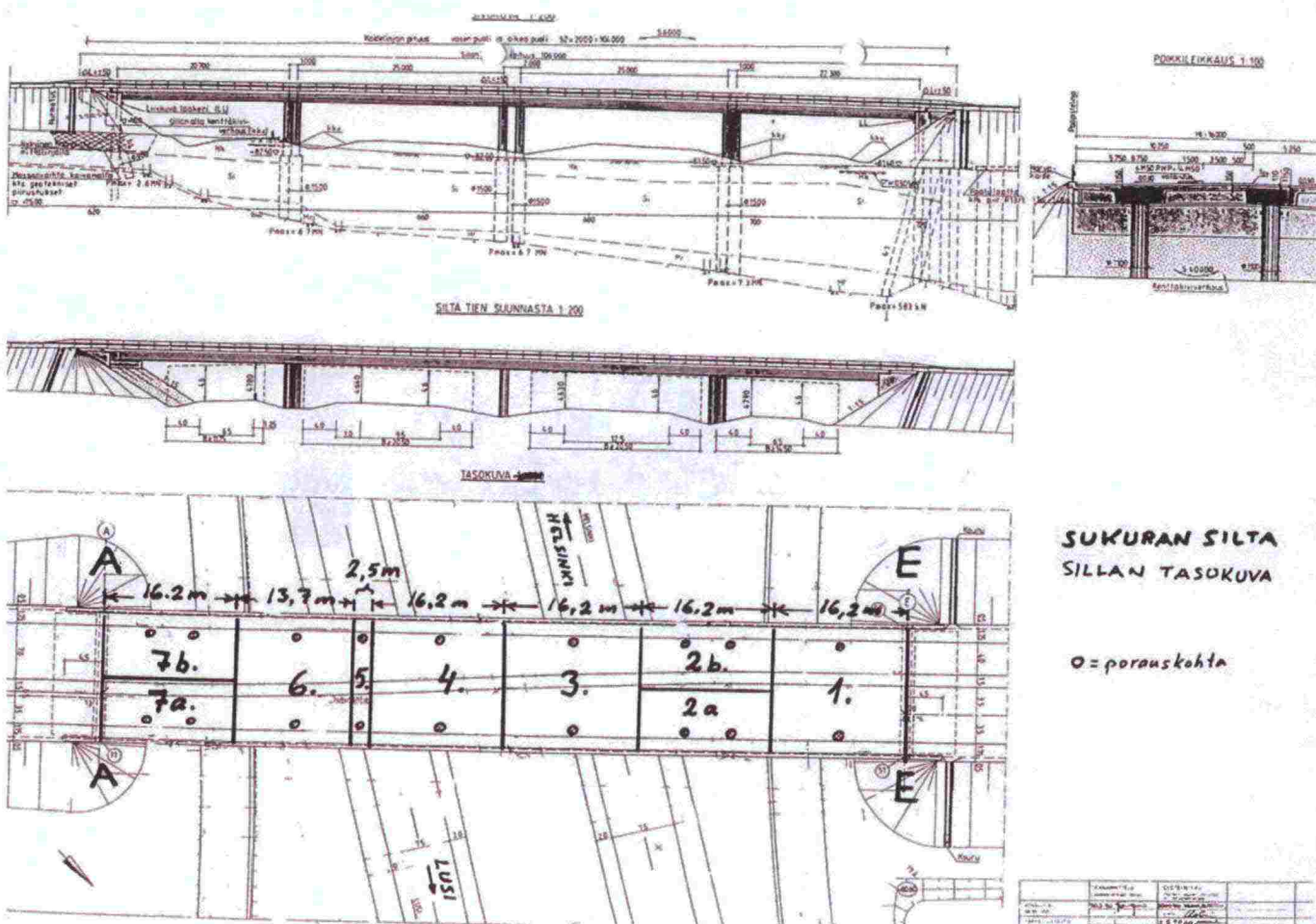
- Liukkaudentorjuntaan käytetään suolaa.

Sukuran risteysilta, talvihoitoluokka Ib.

- Liukkaudentorjuntaan käytetään suolaa vain mustan jään torjumiseksi.

SUKURAN SILLAN ERISTYSKOERAKENTEET

Koe- alue	Sillan reuna	pituus m	lev m	ala m ²	Eristysrakenne	Kermin valmistaja
1		16,3	16	261	K-BL + K-MS 170/3000 hits + K-PS 170/4000 hits	Lemminkäinen
2a	Lusi	16,3	8	130	BL + K-MS 170/3000 hits + K-PS 170/4000 hits	- " -
2b	Hki	16,3	8	130	BE + K-MS 170/3000 hits + K-PS 170/4000 hits	- " -
3		16,3	16	261	Epoksipohjustus + K-MS 170/3000 hits + K-PS 170/4000 hits	- " -
4		16,3	16	261	K-BL + K-TMS 170/3000 hits + K-PS 170/4000 hits	Katepal
5		2,5	16	40	Epoksipohjustus + K-ML 200/4000 hits + K-PS 170/4000 hits	- " -
6		13,8	16	221	K-BL + K-ML 200/4000 hits + K-PS 170/4000 hits	- " -
7a	Lusi	16,3	8	130	K-BL + Mitex + K-MS 170/3000 kauttaaltaan liimaten + K-PS 170/4000 liimaten	Lemminkäinen
7b	Hki	16,3	8	130	K-BL + Mitex + K-MS 170/3000 pisteliimaten + K-PS 170/4000 liimaten	- " -



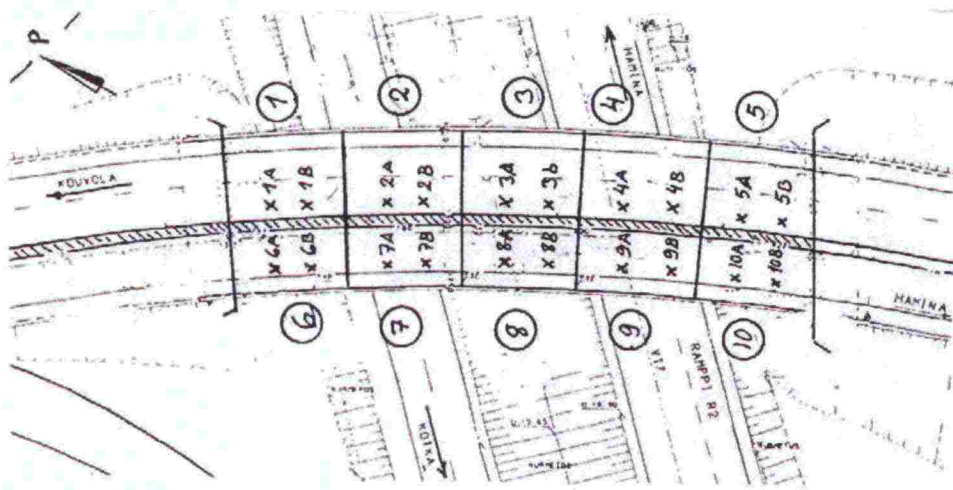
KARHUNKANKAAN SILLAN ERISTYSKOERAKENTEET

Koe- alue	Sillan reuna	pituus m	lev m	ala m ²	Pohjustus	Aluskermi	Kermin valm
1	Hamina	13,1	9	118	KBL	K-MS liim	Lemminkäinen
6	H:ki	13,1	9	118	KBL	K-MS hits	- " -
2	Hamina	13,1	9	118	BL	K-MS liim	- " -
7	H:ki	13,1	9	118	BL	K-MS hits	- " -
3	Hamina	13,1	9	118	epoksitiiv.	K-MS liim	- " -
8	H:ki	13,1	9	109	epoksitiiv.	K-MS hits	- " -
8a	H:ki	3	3	9	epoksipohj.	K-MS hits	- " -
4	Hamina	13,1	9	118	KBL	K-TMS hits	Katepal
9	H:ki	13,1	9	118	KBL	K-ML hits	Katepal
5	Hamina	13,1	9	118	KBL	K-MS piste- ja saumaliimaus alla Mitex-verkko	Lemminkäinen
10	H:ki	13,1	9	118	KBL	K-MS kauttaaltaan liim alla Mitex-verkko	- " -

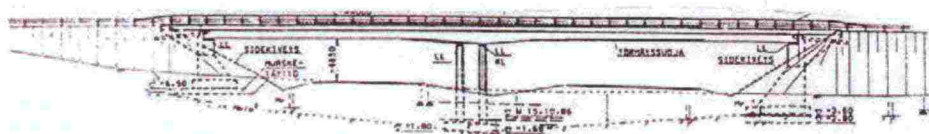
Koealue 8a sijaitsee koealueen 8 sisällä.

Kunkin koealueen pintakermi (K-PS) oli saman valmistajan tuote kuin ko. koealueen aluskermi.

Koealueiden
sijainti



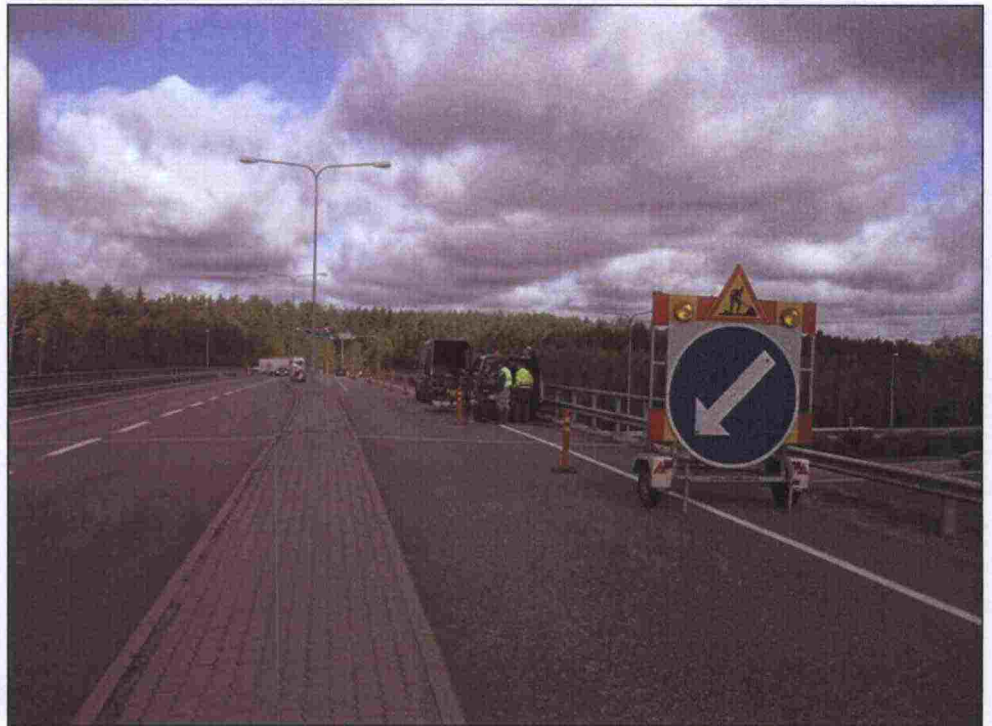
Sillan sivukuva



Poikkileikkaus



NÄYTTEENOTTO KOERAKENTEISTA



Sukuran silta (kuvassa näytteenotto itäisen ajoradan oikealta reunalta).



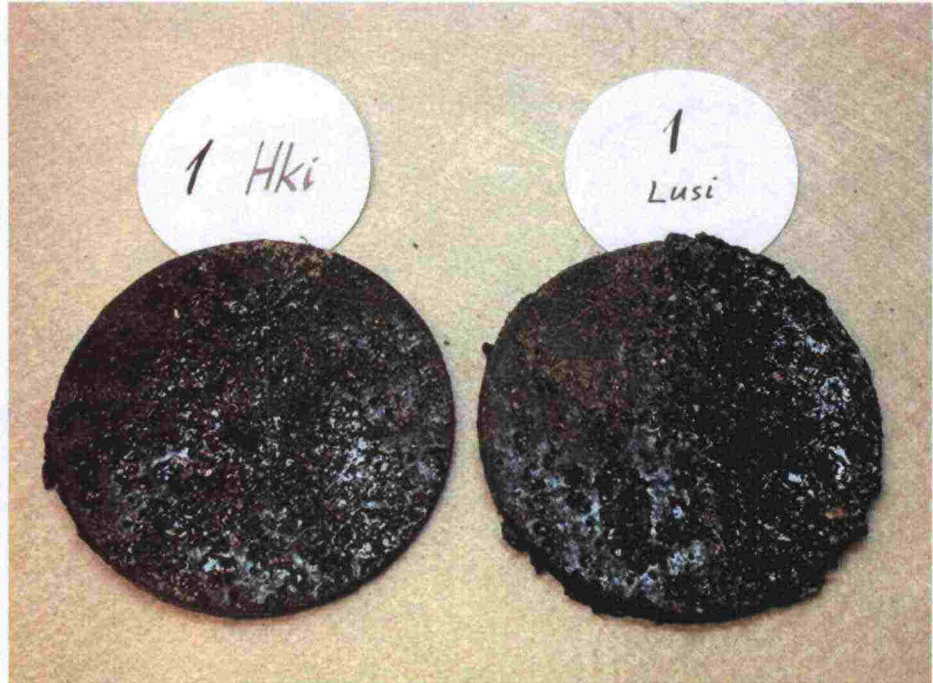
Karhunkankaan silta (kuvassa näytteenotto itäisen ajoradan vasemmalta kaistalta).



Kermieristys- ja kansibetoninäytteet otettiin näytteenottoporalla poraamalla läpi pintarakenteiden.

SUKURAN SILLAN KERMINÄYTTEET

Aluskermin alapinnan ulkonäkö. (Näytteiden läpimitta noin 160 mm).



Koealue 1: KBL + K-MS hits, alapinta. Hitsausbitumissa pieniä kuplia.

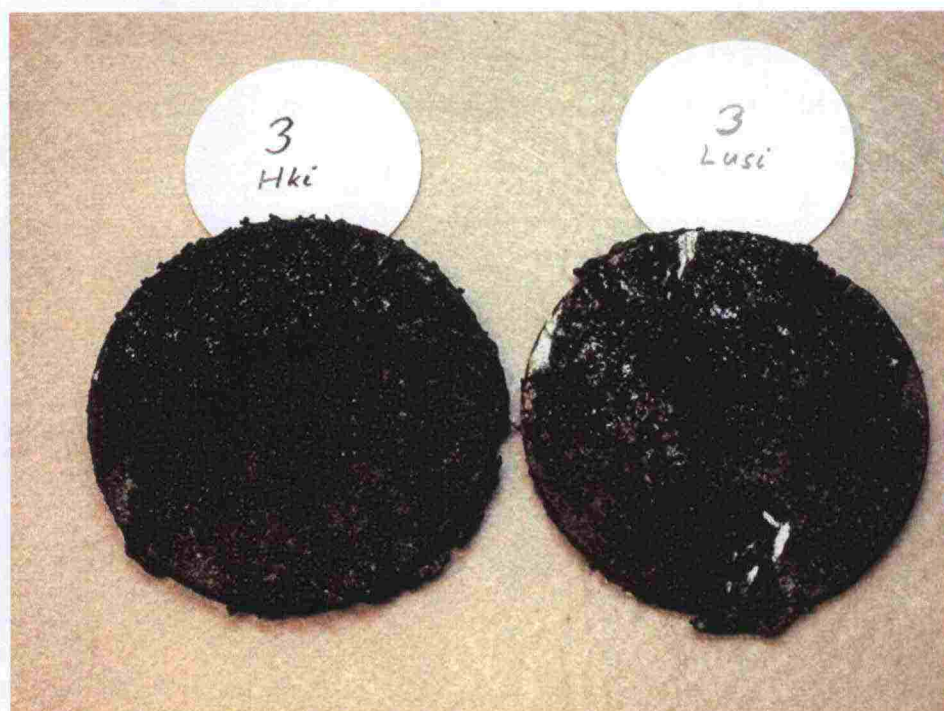


Koealue 2a: BL + K-MS hits, alapinta. Hitsausbitumissa pieniä kuplia.

Sukuran silta.

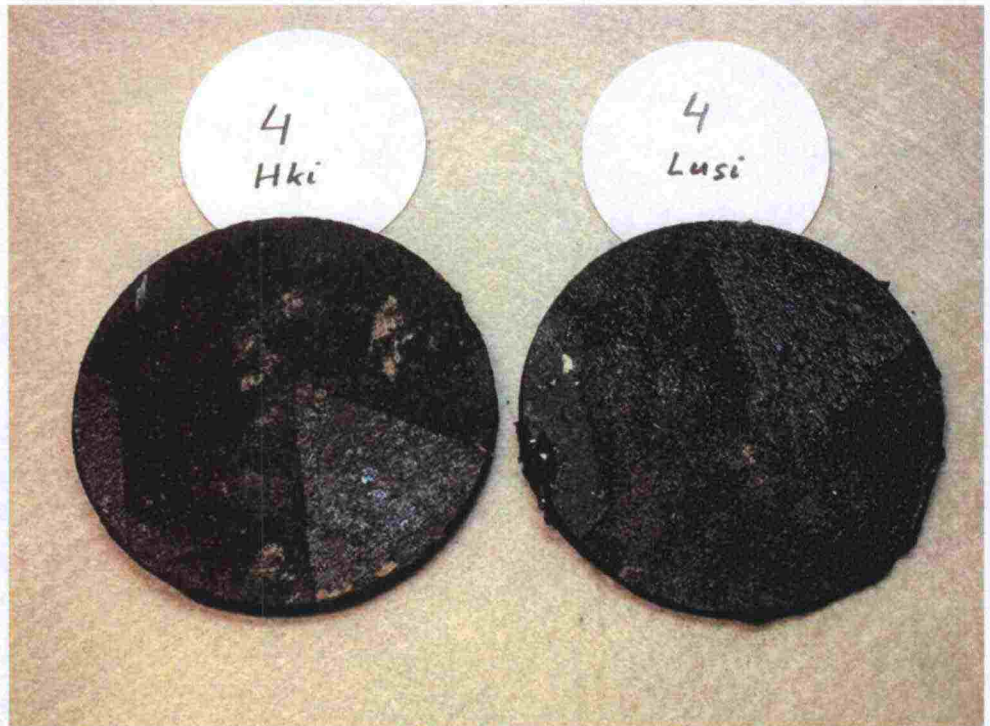


Koealue 2b: BE + K-MS hits, alapinta.

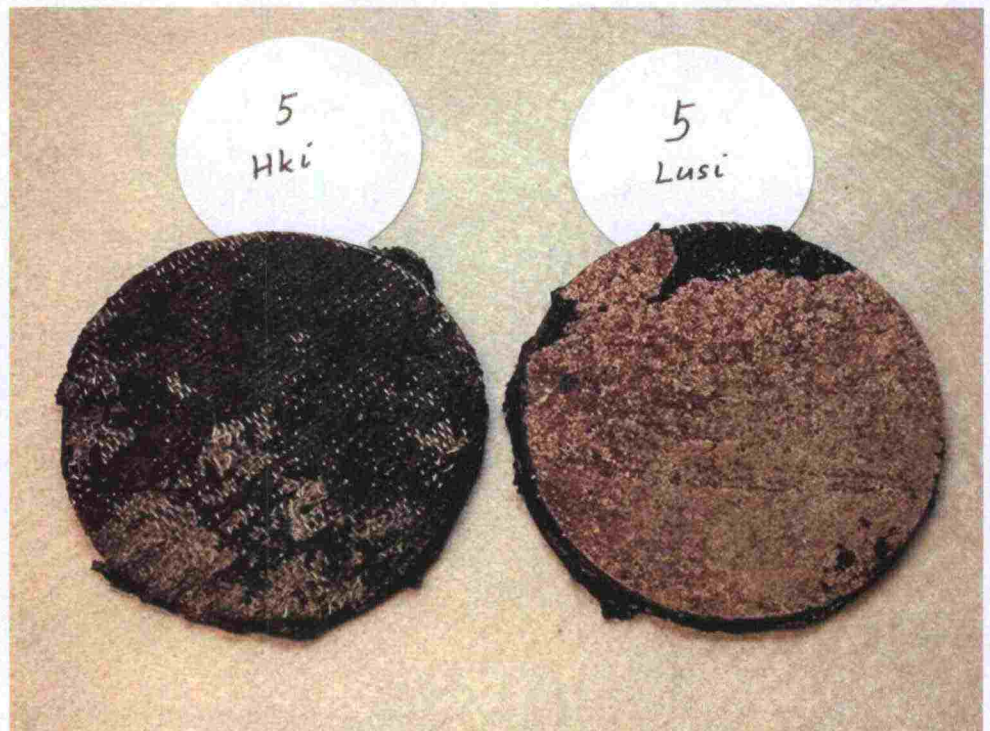


Koealue 3: Epoksipohjustus + K-MS hits, alapinta.

Sukuran silta.



Koealue 4: KBL + K-TMS, alapinta. Paineentasauskermin hitsausbitumi-kohdat erottuvat kiiltävinä alueina.

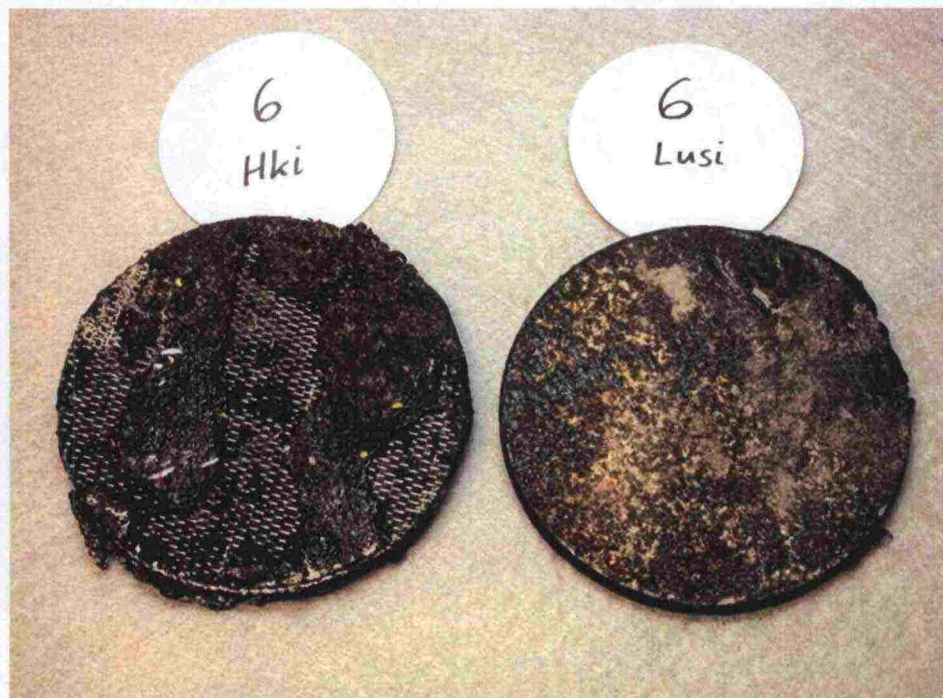


Koealue 5: Epoksipohjustus + K-ML hits, alapinta. Irtoamispinnat, eristys irrotettiin betonikannesta:

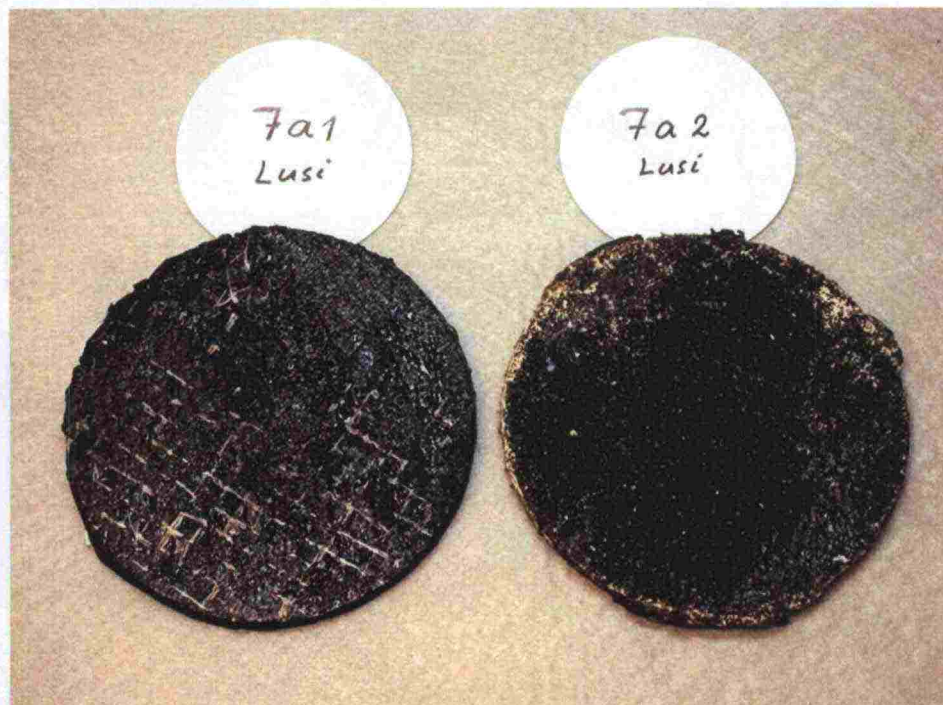
Näyte "5 Hki": aluskermin irtoamispinta pääosin tukikerroksen alapinta

Näyte "5 Lusi": epoksipohjustuskerros irronnut aluskermin mukana

Sukuran silta.



Koealue 6: KBL + K-ML hits, alapinta. Toinen näyte irtosi (revittäessä) osittain lasikuitutukikerroksen alapintaa pitkin. Toinen näyte irtosi betonin ja hitsausbitumin rajapinnasta.



Koealue 7a: KBL + K-MS kauttaaltaan liim, paineentasausverkko Mitex, alapinta. Eristys irtosi (revittäessä) pääosin näytteen alapinnassa näkyvän Mitex-paineentasausverkon alta.

Sukuran silta.



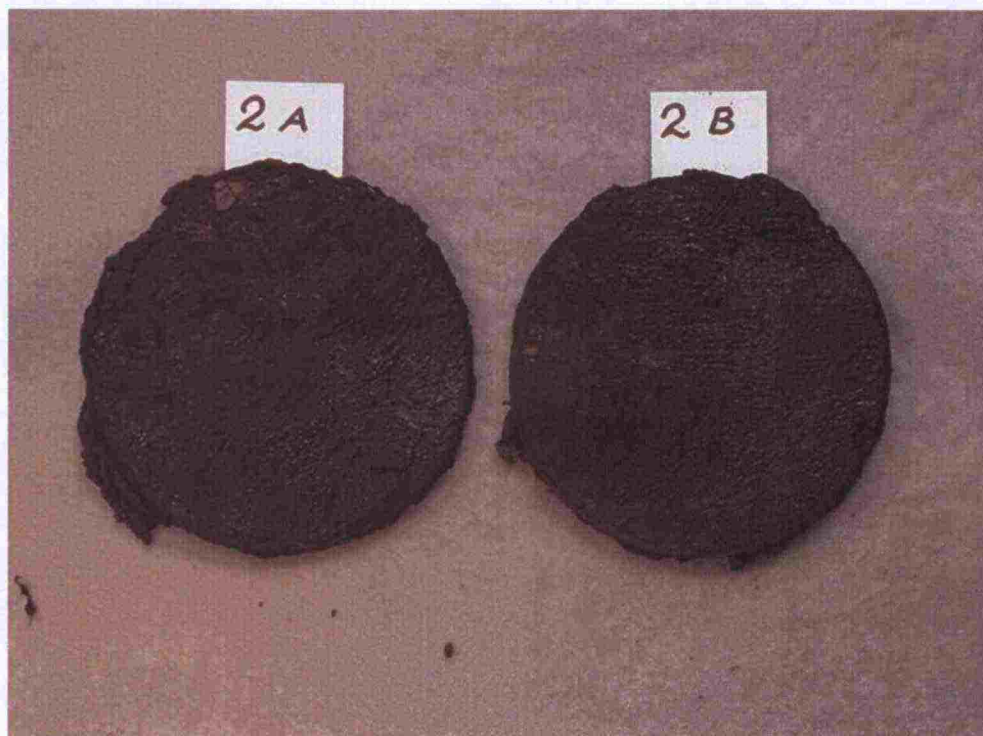
Koealue 7b: KBL + K-MS pisteliimaus, paineentasausverkko Mitex, alapinta.
Eristys irtosi (revittäessä) näytteen alapinnassa näkyvän Mitex-paineentasausverkon alta.

KARHUNKANKAAN SILLAN KERMINÄYTTEET

Aluskерmin alapinnan ulkonäkö



Koealue 1: KBL + K-MS liim. Eristys hyvin kiinni alustassa. Irtosi pääosin liimauksen ja betonin välistä.

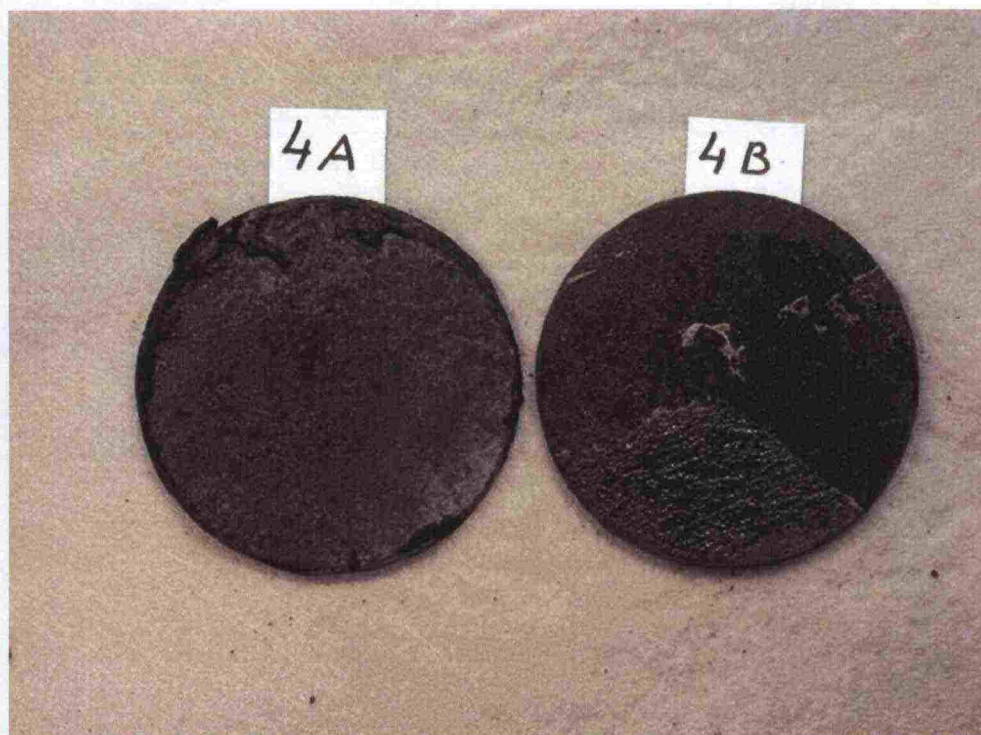


Koealue 2: BL + K-MS liim. Eristys tyydyttävästi kiinni. Irtosi liimauksen ja betonin välistä.

Karhunkankaan silta.

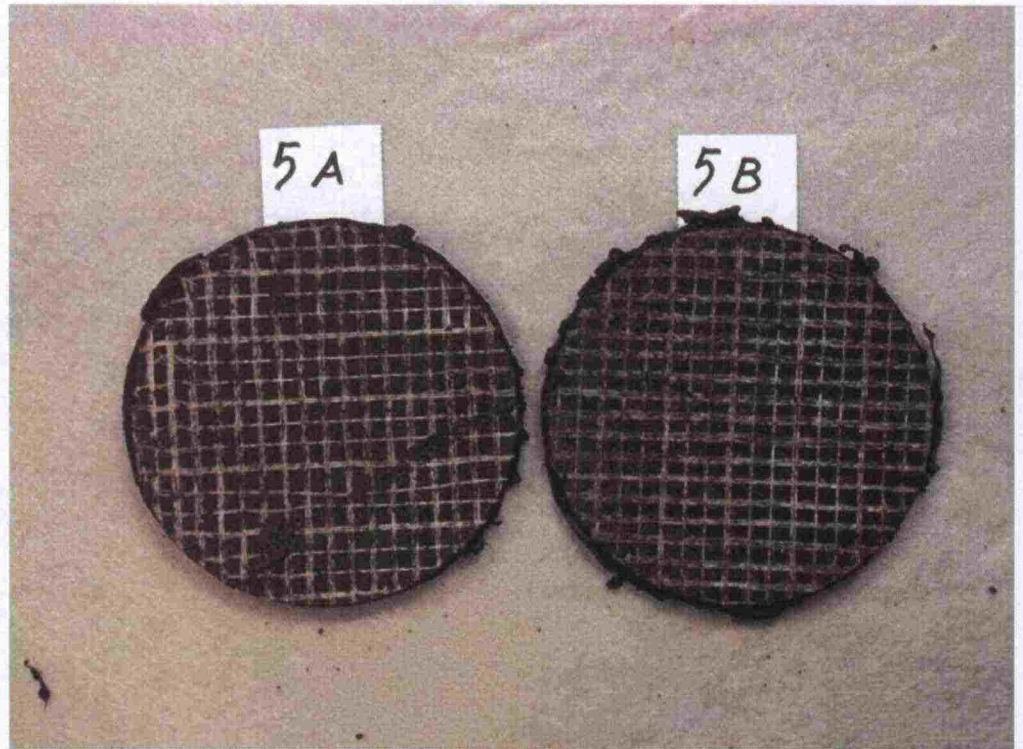


Koealue 3: Epoksiivistitys + K-MS liim. Eristys hyvin kiinni. Irtosi liimausbittumin ja kermin välistä.



Koealue 4: KBL + K-TMS hitsattu vinoneliöiden kohdilta. Eristys 4A irtosi helposti ja 4B porattaessa betonin pinnasta. Suojakelmun jäänteitä.

Karhunkankaan silta.

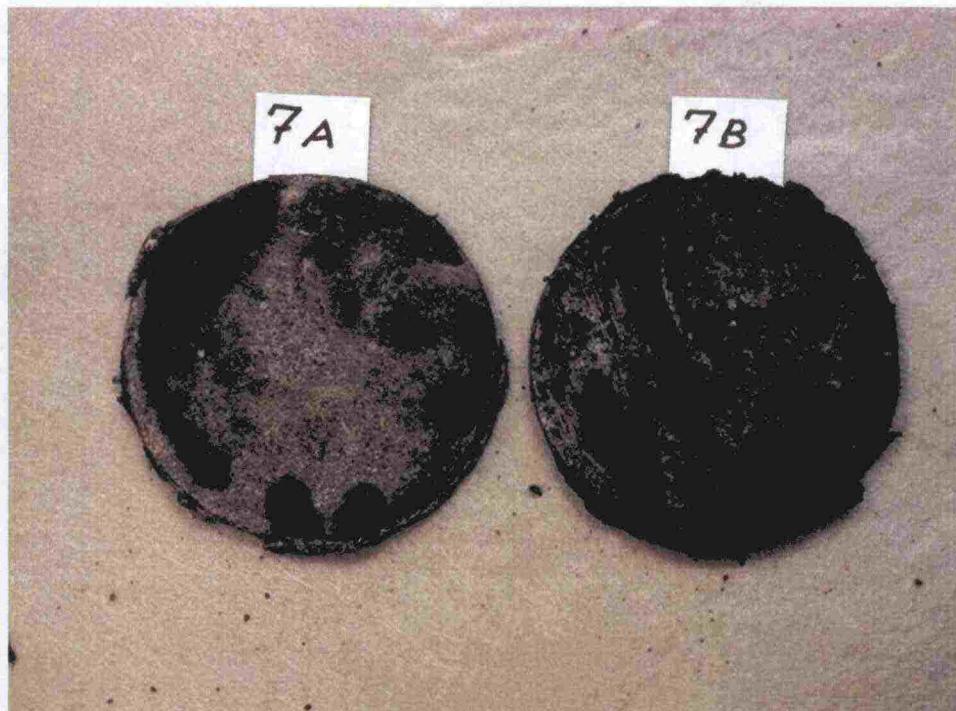


Koealue 5: KBL + K-MS piste- ja saumaliimaus, alla Mitex-verkko. Eristys irtosi helposti Mitex-verkon alta.



Koealue 6: KBL+K-MS hits. Eristys hyvin kiinni. Irtosi pääosin hitsausbitumin ja kermin välistä.

Karhunkankaan silta.

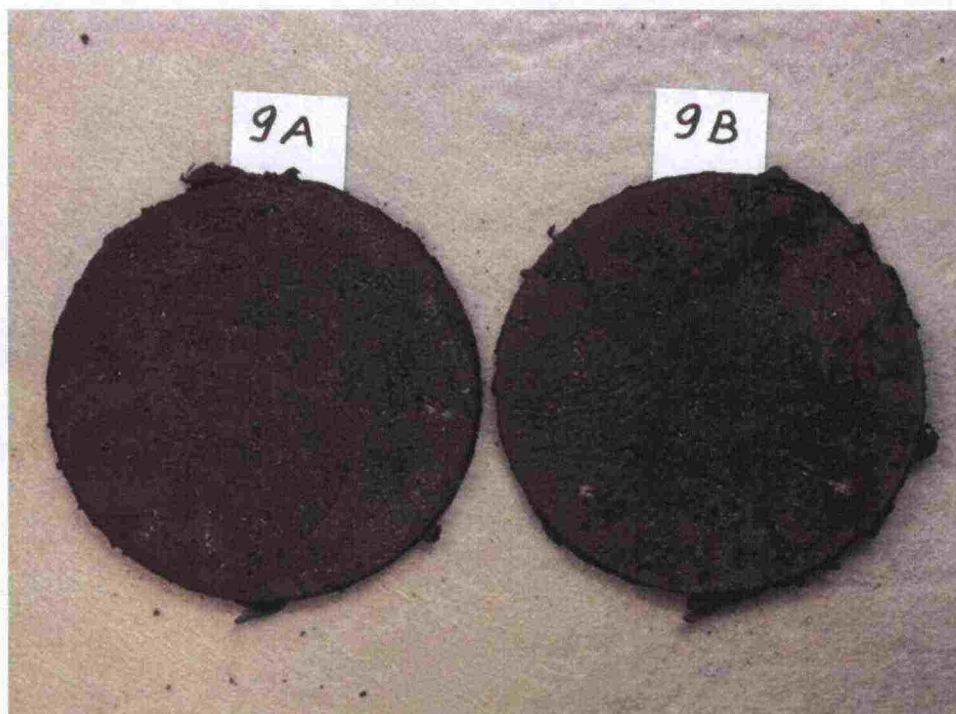


Koealue 7: BL + K-MS hits. Näyte 7A irtosi porattaessa ja 7B helposti (hittausbitumin ja kermin välistä). Hittausbitumissa muutama 1-3 mm kupla.

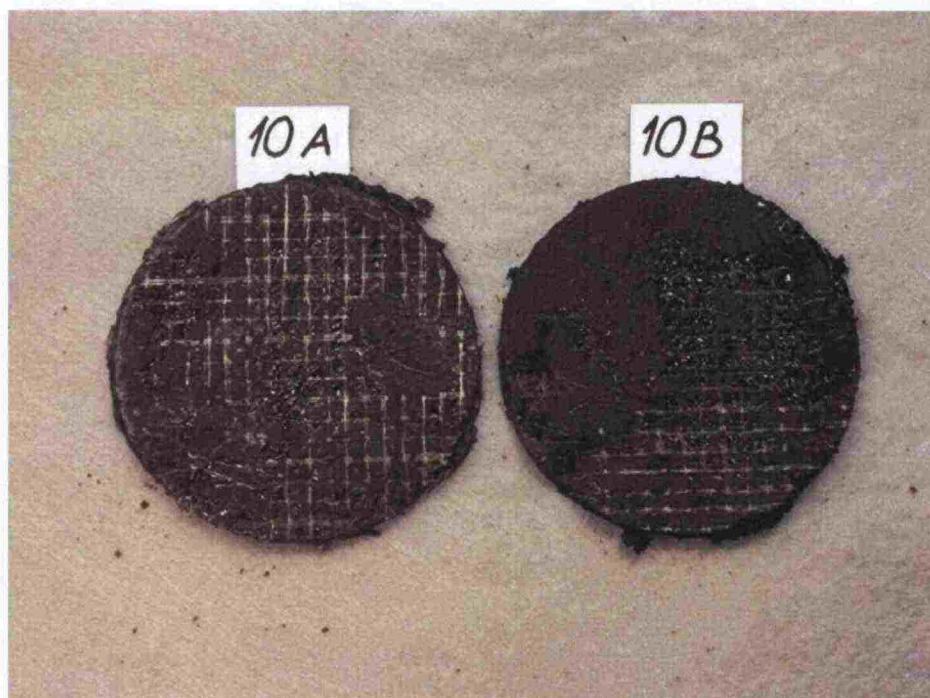


Koealue 8. Epoksitiivistys + K-MS hits. Eristys hyvin kiinni. Näyte otettu kermin sauman kohdalta, irtosi liimausbitumin ja kermin välistä.

Karhunkankaan silta.



Koealue 9: KBL + K-ML hits. Eristys tyydyttävästi kiinni. Hitsausbitumissa muutama 2-4 mm kuplan alkua.



Koealue 10: KBL + K-MS kauttaaltaan liim., alla Mitex-verkko. Eristys irtosi helposti.

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-326-9
TIEH 3200975